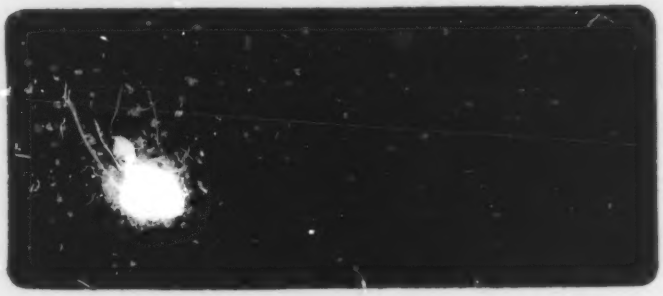
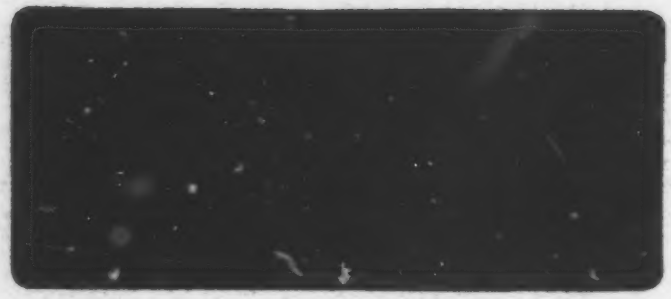
# GMA Group of Medical Advisers

# GCM Groupe des conseillers médicaux



Secretariat, Group of Medical Advisers, Atomic Energy Control Board, P.O. Box 1046, Ottawa, Canada K1P 5S9

Secrétariat, Groupe des conseillers médicaux, Commission de contrôle de l'énergie atomique, C.P. 1046, Ottawa, Canada K1P 5S9



## GMA REPORTS

Since the 1950's, the Atomic Energy Control Board (AECB) has made use of advisory committees of independent experts to assist it in its decision-making process. In 1979, the Board restructured the organization of these consultative groups, resulting in the creation of two senior-level scientific committees, the Advisory Committee on Radiological Protection (ACRP), and the Advisory Committee on Nuclear Safety (ACNS). A third body of advisers, known as the Group of Medical Advisers (GMA), is composed of medical practitioners licensed under the laws of the province in which regulated nuclear activities are situated. Medical Advisers are nominated by the appropriate department or agency and appointed by the Board pursuant to the *Atomic Energy Control Regulations*. They make recommendations to the Board respecting, inter alia, the medical examination of atomic radiation workers, medical surveillance required as a result of overexposures, and medical aspects of emergency plans.

From time to time the GMA issues reports which are normally published by the AECB and catalogued within the AECB's public document system. These reports, bound with a distinctive cover, carry both a group-designated reference number, e.g. GMA–1, and an AECB reference number in the "INFO" series. The reports generally fall into two broad categories: (i) recommendations to the AECB on a particular medical topic, and (ii) background studies. **Unless specifically stated otherwise, publication by the AECB of a report prepared by the Group of Medical Advisers does not imply endorsement by the Board of the content, nor acceptance of any recommendations made therein.**

## RAPPORTS DU GCM

Depuis les années cinquante, la Commission de contrôle de l'énergie atomique (CCEA) fait appel à des comités consultatifs composés d'experts indépendants pour l'aider dans ses prises de décisions. En 1979, la CCEA a restructuré l'organisation de ces groupes de consultation pour former deux comités scientifiques supérieurs, le Comité consultatif de la radioprotection (CCRP) et le Comité consultatif de la sûreté nucléaire (CCSN). Un troisième groupe, le Groupe des conseillers médicaux (GCM), est formé de médecins agréés pour la pratique de la médecine en vertu des lois de la province dans laquelle se tiennent des activités nucléaires réglementées. Le ministère ou l'organisme compétents proposent le nom de conseillers médicaux qui sont ensuite nommés par la CCEA en vertu du *Règlement sur le contrôle de l'énergie atomique*. Ces conseillers font des recommandations à la CCEA concernant, entre autres, l'examen médical des travailleurs sous rayonnements, la surveillance médicale nécessaire en cas de surexposition et les aspects médicaux des plans d'urgence.

Le GCM rédige à l'occasion des rapports qui sont normalement publiés par la CCEA et catalogués dans sa collection des documents publics. Ces rapports se présentent sous une couverture distincte et portent un numéro de référence propre au comité (GCM–1, par exemple), ainsi qu'un numéro de référence de la CCEA dans la série «INFO». Ils se divisent habituellement en deux catégories générales : i) les recommandations présentées à la CCEA au sujet d'une question médicale particulière; ii) les études générales. **À moins d'indication contraire, la publication par la CCEA d'un rapport du Groupe des conseillers médicaux ne signifie pas qu'elle en approuve le contenu, ni qu'elle en accepte les recommandations.**

INFO-0422

GMA Group of Medical Advisers

GCM Groupe des conseillers médicaux

GCM-2

# LIGNES DIRECTRICES SUR LES NIVEAUX D'EXPOSITION AUX RAYONNEMENTS DANS DES SITUATIONS D'URGENCE

par le

Groupe des
conseillers médicaux
de la CCEA

Publié en juillet 1992

Secretariat, Group of Medical Advisers, Atomic Energy Control Board, P.O. Box 1046, Ottawa, Canada K1P 5S9

Secrétariat, Groupe des conseillers médicaux, Commission de contrôle de l'énergie atomique, C.P. 1046, Ottawa, Canada K1P 5S9

Table des matières


| | | Page |
|---|---|---|
| 1. | OBJET | 1 |
| 2. | PORTÉE | 1 |
| 3. | INTRODUCTION | 1 |
| 3.1 | Effets immédiats des fortes doses de rayonnement chez l'être humain | 1 |
| 3.2 | Lignes directrices pertinentes établies par les conseillers médicaux | 1 |
| 3.3 | Recommandations de la Commission internationale de protection radiologique sur les expositions professionnelles dans les situations d'urgence | 2 |
| 4. | LIMITES DES EXPOSITIONS DANS DES SITUATIONS D'URGENCE | 2 |
| 4.1 | Principes de radioprotection | 2 |
| 4.2 | Catégories de personnes exposées | 3 |
| 4.3 | Limites de doses dans des situations d'urgence | 3 |
| RÉFÉRENCES | | 5 |
| ANNEXE | | 6 |
| REMERCIEMENTS | | 10 |

## 1. OBJET

Le présent document vise à fournir des lignes directrices pour établir les niveaux d'exposition aux rayonnements durant l'exécution des mesures dans des situations d'urgence qui résultent d'un accident nucléaire.

## 2. PORTÉE

Des avis sont donnés sur les principes de radioprotection susceptibles de s'appliquer dans les situations d'urgence nucléaire, sur le classement par catégories des personnes suivant les circonstances dans lesquelles celles-ci sont exposées aux rayonnements dus à un accident et sur la grandeur des doses[1] qui pourraient entraîner des mesures correctives d'urgence et des mesures ultérieures de récupération dans des situations d'urgence.

La documentation de base sur les effets déterministes (non stochastiques) produits à des doses assez élevées est résumée sommairement. Ces lignes directrices ne tiennent pas compte des guerres nucléaires.

## 3. INTRODUCTION

### 3.1 Effets immédiats des fortes doses de rayonnement chez l'être humain

Les effets déterministes des fortes doses de rayonnement sont traités entièrement dans le Rapport de 1988 de l'UNSCEAR (UN88). Un résumé de ces effets est fourni dans une annexe du présent rapport. Il convient de noter que les personnes qui survivent à de fortes doses de rayonnement capables de causer des effets déterministes risquent davantage de subir des effets stochastiques plus tard durant leur vie.

### 3.2 Lignes directrices pertinentes établies par les conseillers médicaux

Le Groupe des conseillers médicaux a formulé les "Guidelines for Medical Advisers on Return to Work after Occupational Overexposure to Ionizing Radiation" (Lignes directrices pour les conseillers médicaux sur le retour au travail après une exposition professionnelle au rayonnement ionisant) (GC92). L'information fournie dans les paragraphes suivants, qui est extraite de ces lignes directrices, est utile pour déterminer les niveaux d'exposition aux rayonnements dans des situations d'urgence.

«Pour l'orientation des conseillers médicaux, il est suggéré qu'une irradiation aiguë au corps entier de 0,5 Sv soit utilisée comme critère pour déterminer si un travailleur sous rayonnements doit retourner au travail après avoir reçu une surexposition. À 0,5 Sv ou moins, le travailleur sous rayonnements peut retourner immédiatement à ce type de travail, en supposant que les circonstances de la surexposition ont fait l'objet d'une enquête complète, que la dosimétrie a été confirmée et que le travailleur a subi un examen médical. Au-dessus de 0,5 Sv, la recommandation visant à permettre le retour au travail du travailleur sous rayonnements doit être faite en fonction de chaque cas... Des facteurs comme l'âge, le type d'occupation, l'état de santé et d'autres facteurs pertinents

---

[1] Une quantité indiquant la quantité d'énergie de rayonnement ionisant reçue par unité de masse de la matière. Un gray (Gy) est une unité SI pour la dose absorbée; un sievert (Sv) est une unité SI pour la dose équivalente et la dose effective.

doivent être pris en considération pour déterminer si le retour au travail est approprié.»

«Les cas d'irradiation localisée de la peau, de la thyroïde, du crystallin, etc. devraient être évalués suivant chaque cas... L'âge, le type d'occupation, l'état de santé etc. sont des facteurs qui doivent aussi s'appliquer aux cas d'irradiation au corps partielle. Dans les cas susmentionnés de surexposition des extrémités, le niveau d'intervention devrait être 5 Sv.»

«Dans les cas de surexposition causée par une contamination interne, une dose engagée de 0,5 Sv à tout organe [estimée pour les émetteurs béta et gamma (p. ex. le radio-iode, le radiocésium, le radiostrontium, etc.) un mois après l'incorporation; et pour les émetteurs alpha (p. ex. le radium, le plutonium, le thorium, etc.) une année après l'incorporation] devrait être utilisée comme niveau d'intervention.»

### 3.3 Recommandations de la Commission internationale de protection radiologique : Limitation des expositions professionnelles dans les situations d'urgence

**(Extraits en partie des paragraphes 224 et 225 de la publication ICRP 60 (IC91))**

La conception de la centrale et ses systèmes de sûreté, ainsi que les mesures d'urgence prévues sont les seuls éléments qui peuvent limiter les expositions professionelles directement attribuables à un accident. Idéalement, les doses devraient être limitées à celles permises dans des conditions d'exploitation normales. Toutefois, même si cette limitation est habituellement possible, il se peut que ce ne soit pas toujours le cas dans de graves accidents.

En plus des expositions résultant directement d'un accident, les équipes d'urgence seront exposées durant l'exécution des mesures correctives d'urgence et des mesures ultérieures de récupération. Même dans les graves accidents, des contrôles opérationnels peuvent permettre de limiter ces expositions. Les doses reçues risquent d'être plus élevées que dans les situations normales et doivent être traitées séparément de toute dose normale. Puisque sont rares les urgences entraînant de grandes expositions des équipes d'urgence, il est permis d'assouplir dans les situations graves les contrôles requis dans les situations normales sans réduire le degré de protection à long terme. Durant la gestion de l'accident, cet assouplissement ne devrait pas permettre que les expositions reliées à l'exécution des mesures correctives d'urgence et des mesures ultérieures de récupération ne résultent en des doses effectives de plus de 0,5 Sv, sauf pour les mesures visant à sauver des vies, qui peuvent rarement être limitées par des considérations dosimétriques. La dose équivalente à la peau ne devrait pas dépasser 5 Sv, sauf pour les mesures visant à sauver des vies. Dès qu'il n'y a plus d'urgence, les doses reçues durant l'exécution des mesures ultérieures de récupération doivent être traitées comme faisant partie d'une exposition professionnelle reçue durant le travail.

## 4. LIMITATION DES EXPOSITIONS DURANT LES SITUATIONS D'URGENCE

### 4.1 Principes de radioprotection

Dans les trois catégories précisées ci-dessous, les principes de la justification et de l'optimisation s'appliquent toujours. Durant l'analyse des mesures

correctives d'urgence et des mesures ultérieures de récupération à prendre, d'autres facteurs socio-économiques peuvent être aussi importants que la limitation de la dose et devraient être évalués complètement afin de tirer le plus grand profit de l'intervention et des mesures de redressement.

4.2 Les catégories de personnes exposées

Il est possible d'identifier trois catégories de personnes exposées par rapport aux circonstances dans lesquelles les personnes sont exposées aux rayonnnements dus à un accident :

(i) Les travailleurs d'urgence qui sont exposés durant l'exécution des mesures correctives d'urgence sur les lieux de l'accident.

(ii) Les travailleurs qui sont exposés durant l'exécution des mesures ultérieures de récupération à la suite d'un accident : ces travailleurs pourraient participer à des mesures de redressement et à des mesures visant à protéger le public.

(iii) Les personnes qui vivent normalement dans un milieu qui a été contaminé par suite d'un accident nucléaire.

Si les circonstances le permettent, toutes les catégories de personnes devraient être informées de la grandeur probable de la dose qui peut être reçue et des risques connexes pour la santé.

4.3 Limites de doses dans des situations d'urgence

Pour la première catégorie de personnes, les mesures correctives d'urgence peuvent consister à prévenir de graves blessures, à empêcher que l'accident ne prenne des proportions telles que les doses reçues par les travailleurs et le public ne soient augmentées considérablement ou à sauver des vies. Bien qu'aucune limite explicite ne puisse être indiquée facilement, il faut s'efforcer de maintenir les doses en-dessous du niveau où se produiraient des effets déterministes ayant de graves conséquences pour la santé. Par conséquent, les doses devraient être maintenues en-dessous de 0,5 Sv. Finalement, il est reconnu que les personnes de la catégorie (i) risquent d'être des bénévoles et qu'elles pourraient choisir par altruisme de dépasser la limite de 0,5 Sv, en effectuant des opérations visant à sauver des vies.

Pour la deuxième catégorie de personnes, vu que la situation d'urgence est maîtrisée, les limites de doses normales s'appliqueraient et seraient d'un maximum de 0,05 Sv par année, tel qu'il est recommandé dans la publication ICRP 60 (IC91). Toutefois, dans certains cas où l'analyse des mesures ultérieures de récupération nécessite quelques grands spécialistes pour la gestion d'une urgence, des doses allant jusqu'à 0,1 Sv pourraient alors être permises.

La troisième catégorie de personnes diffère grandement des deux premières. Dans cette dernière, les personnes tels les agriculteurs travaillant sur un sol contaminé ou les éboueurs chargés d'enlever des déchets contaminés ne participent pas à des mesures correctives d'urgence et des mesures ultérieures de récupération sur les lieux d'un accident, mais ils sont exposés dans leur milieu qui se trouve à être contaminé. Ni les limites de doses pour les travailleurs sous rayonnements ni les limites de doses pour le public semblent être

appropriées. Dans ce cas, l'optique à adopter est d'appliquer le concept de contrainte de dose de la CIPR. La contrainte de dose est une fraction de la limite de dose des travailleurs, mais elle peut se situer au-dessus de la limite de dose du public. La restriction de dose doit s'appliquer dans une collectivité jusqu'à ce que soit enlevée la contamination (voir la publication ICRP 60 (IC91)).

**RÉFÉRENCES**

GC 92 Groupe des conseillers médicaux de la CCEA. "Guidelines for Medical Advisers on Return to Work After Occupational Overexposure to Ionizing Radiation" Commission de contrôle de l'énergie atomique. Publication à venir. (1988).

Co91 Cohen, B.L., "Catalog of Risks, extended and updated". Health Physics, vol. 61, pp. 317 à 335 (1991).

IC91 ICRP Publication 60. "1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection" (1991).

NC80 NCRP No. 65 Report. "Management of Persons Accidentally Contaminated with Radionuclides". National Council on Radiation Protection and Measurements (1980).

UN82 UNSCEAR 1982 Report. "Ionizing Radiation: Sources and Biological Effects". United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. United Nations, New York (1982).

UN88 UNSCEAR 1988 Report. "Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation". United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, United Nations, New York (1988).

# A N N E X E

## Effets immédiats des fortes doses de rayonnement

L'annexe G du rapport de 1988 de l'UNSCEAR (UN88) fournit une récente révision détaillée des «Effets immédiats des fortes doses de rayonnement chez l'être humain». Cette annexe a été examinée aux fins de l'information pertinente pour le projet de lignes directrices sur les niveaux d'exposition aux rayonnements dans des situations d'urgences. Des extraits de cette annexe sont reproduits ci-dessous.

Doses mortelles au corps entier : Une dose de 2 Gy ne risquerait pas de tuer plus de 1 p. cent d'une population de travailleurs. Par contre, une dose de 2 Gy pourrait tuer jusqu'à 30 à 40 p. cent d'une population de cancéreux très malades (par. 114). La $DL_{50}$ (c'est-à-dire la dose qui entraine 50 p. cent de mortalité chez les personnes exposées dans un délai de 1 à 2 mois) pour une irradiation aiguë risque de se situer autour d'une dose à la moëlle (osseuse) de 3 Gy dans le cas des personnes qui reçoivent peu ou pas de traitement, comme il est déduit des récentes analyses des résultats des bombardements atomiques effectués au Japon (par. 112). (Le paragraphe 310 utilise comme valeur une dose à la moëlle de 2,5 Gy «ou plus» pour la même situation). Une valeur similaire (c'est-à-dire de 2,5 à 3 Gy) est utilisée pour certains groupes de cancéreux qui reçoivent de bons soins médicaux. La $DL_{50}$ pour les personnes en santé qui reçoivent de bons traitements après une irradiation risque d'être de 5 Gy ou près de ce niveau. (Nota : de bons traitements signifient dans ce contexte l'hospitalisation; des antibiotiques, au besoin; les transfusions sanguines, au besoin, mais ils n'incluent pas les traitements à caractère héroïque comme une transplantation de moëlle osseuse.)

Autres extraits pertinents : la protection de peut-être aussi peu que 10 p. cent de la moëlle active chez l'être humain peut réduire la mortalité à zéro pour des doses se rapprochant de la $DL_{50}$ (par. 309). Les neutrons causent davantage de lésions aiguës qu'une dose égale de faible tranfert linéique d'énergie (TLE), de 2 à 3 fois plus, lorsqu'il s'agit de doses simples (par. 311).

Le rapport de 1989 de Morrey de la NRPB indique à la section 6.1 «qu'il n'est ni possible ni approprié de préciser les limites de doses (pour les travailleurs) applicables durant les accidents. Toutefois, il est suggéré de s'efforcer de maintenir les doses en-dessous des niveaux où pourraient se produire des effets non stochastiques, c'est-à-dire environ 0,5 Gy au corps entier ou 5 Gy à tout organe ou tissu. Ces limites sont conformes aux recommandations formulées dans la publication ICRP 60 (IC91).

D'autres données fournies à l'annexe J (Effets non stochastiques de l'irradiation) du rapport de 1982 de l'UNSCEAR (UN82) et à l'annexe G du rapport de 1988 de l'UNSCEAR (UN88) sont résumées ci-dessous dans le tableau 1. L'annexe K (réduction de la vie induite par rayonnement) du rapport de 1982 a été aussi examinée (UN82). Toutes les données qui figurent au tableau 1 sont approximatives et se rapportent à des doses aiguës de rayonnement de faible TLE (rayons X, rayonnements bêta et gamma). Bien que des probabilités statistiques d'environ 1 p. cent n'aient pas été examinées aussi soigneusement que dans le cas des doses mortelles, un seuil de 0,5 Gy pour l'induction d'effets déterministes permanents chez les adultes semble être une estimation prudente.

## TABLEAU 1

## EFFETS DÉTERMINISTES DU RAYONNEMENT

| TYPE D'EFFETS | SEUIL |
|---|---|
| **Temporaires** | |
| Stérilité chez l'homme | au-dessus de 0,1 gy; la durée dépend de la dose |
| Vomissement ou des hauts-le-coeur, accompagnés d'une impression d'être un peu ou modérément fatigué | seuil à environ 0,3 Gy; 50 % d'incidence à environ 2 Gy; la gravité augmente en fonction de la dose |
| Diminution des lymphocytes et d'autres cellules blanches | 0,5 à 1 Gy pour les effets mesurables; le seuil est bas et peut être zéro; de graves effets au-dessus de 2 Gy |
| Érythème de la conjonctive | environ 2 Gy |
| Rougeur (érythème) de la peau, accompagnée de changements de la perméabilité vasculaire | environ 3 Gy pour l'exposition de la peau entière; seuil d'environ 6 Gy pour des petites parties de la peau |
| Perte des cheveux | environ 3-5 Gy |
| **Permanents** | |
| Cataractes | cataractes stationnaires minimales à 1 ou 2 Gy; caractactes progressives plus graves au-dessus de 5 Gy |
| Retardement de la croissance chez les jeunes enfants | environ 3 % de retardement de la croissance par Gy en raison de la perturbation dans la croissance des cartilages; le seuil est bas et peut être zéro; les cartilages entièrement formés sont beaucoup plus résistants |
| Stérilité permanente chez la femme | au-dessus de 3 Gy |
| Stérilité permanente chez l'homme | au-dessus de 6 Gy |
| Dommage causé aux vaisseaux sanguins | au-dessus de 5 Gy |
| Défaillance de la fonction pulmonaire, pneumonite | au-dessus de 5 Gy |
| Défaillance de la thyroïde, du foie et de la fonction rénale | au-dessus de 10 Gy |
| Décès par suite de troubles gastro-intestinaux | au-dessus de 10 Gy |
| Démasquation, accompagnée de cicatrices possibles | au-dessus de 10 Gy |

À quelques exceptions près, la plupart des effets susmentionnés sont, bien sûr, réduits, si la même dose totale de rayons X, de rayonnements bêta et gamma est donnée à un faible débit de dose durant des semaines ou des mois. Pour les effets mortels immédiats, une des formules suggérées dans le rapport de 1988 de l'UNSCEAR est une augmentation de 1,5 Gy en plus de 0,1 Gy par jour, c'est-à-dire pour une exposition chronique au rayonnement gamma à un débit de dose constant durant 30 jours (ce qui est peu probable dans notre situation), la $DL_{50}$ serait supérieure de quelque 4,5 Gy que celle due à une exposition aiguë. À toutes fins utiles, cette formule présente peu d'intérêt pour la planification d'urgence. De façon plus importante, les effets du rayonnement de haut TLE (c'est-à-dire les neutrons et les particules alpha) sont réduits dans une moindre mesure par étalement de la dose que ceux du rayonnement gamma. L'information sur le rayonnement de haut TLE fournie dans les appendices citées des rapports de 1982 et de 1988 de l'UNSCEAR est assez rudimentaire comparativement à celle sur le rayonnement de faible TLE. Toutefois, il est suggéré, comme règle empirique, de supposer que l'efficacité biologique relative (EBR) pour les fortes doses de rayonnement de haut TLE (c'est-à-dire les particules alpha ou les neutrons de fission) pourrait être trois fois plus élevé que celui des fortes doses de rayonnement gamma reçues durant une courte période, mais qu'il serait presque indépendant du débit de dose, contrairement aux effets du rayonnement gamma. En d'autre termes, nous pourrions supposer que le dommage local au tissu causé par les fortes doses de particules alpha serait trois fois plus élevé que celui attribuable à de fortes doses de rayonnement gamma à des débits de dose élevés, mais le dommage serait le même peu importe si les doses de particules alpha étaient reçues pendant plusieurs heures ou plusieurs semaines. «L'augmentation du risque de cancer mortel à la suite d'une irradiation aiguë à 1 Gy équivaudrait à une perte moyenne d'espérance de vie de 0,6 à 1,3 année pour ce groupe de travailleurs, en supposant une perte de 13 années par cancer mortel. Ce chiffre peut être comparé à une perte moyenne d'espérance de vie de 0,6 à 0,9 année par suite d'accidents de travail mortels durant 47 années de service dans les secteurs de l'agriculture ou du bâtiment aux États-Unis, à environ 1,4 année pour le chômage, à environ 8 années pour les différences de situation socio-économique au Canada, aux États-Unis et au Royaume-Uni, ainsi qu'à environ 9 années pour avoir un niveau d'embonpoint de 45 p. cent (Co91).»

Les inquiétudes d'irradiation aiguë chez les travailleurs devraient porter surtout sur les effets immédiats des expositions au corps entier à de fortes doses de rayonnement gamma à un débit de dose élevé, sur les effets des émetteurs bêta déposés sur la peau, sur les effets des radionucléides aspirés dans les poumons, ainsi que sur les effets sur l'intestin des radionucléides ingérés. En ce qui concerne le premier critère, dans une situation d'urgence, une dose de 1 Gy de rayonnement gamma (ou de rayonnement gamma accompagné d'une petite quantité de neutrons de fission) dans un court délai n'entrainera pas la mort chez des travailleurs en santé dans les semaines suivantes, mais peut causer des troubles physiologiques temporaires, et pourrait probablement faire passer les risques normaux de cancer mortel qui sont de 25 pour cent à environ 30 à 35 p. cent, c'est-à-dire 1 Gy à un débit de dose élevé augmentera de 5 à 10 p. cent le risque de mourir du cancer dans un délai de 15 à 30 ans après l'exposition. (Cette dernière estimation se fonde sur les rapports de 1988 de l'UNSCEAR et de 1990 du BEIR, et elle est conforme à la publication ICRP 60 (IC91).

Les addenda suivants sur les émetteurs internes sont extraits de l'Annexe G du rapport de 1988 de l'UNSCEAR (UN88) :

> De grandes quantités d'émetteurs internes sont nécessaires pour provoquer des effets immédiats chez l'être humain (par. 180). Des lésions hématologiques ont été signalées chez l'être humain après qu'on a utilisé à des fins thérapeutiques de l'or colloïdal, du radio-iode, du radiophosphore et du radiosulfure (par. 181).
>
> Deux personnes sont décédées, après avoir travaillé avec de grandes quantités de tritium; elles avaient reçu des doses estimées au total à environ 3 Gy durant une période de six ans et à environ 10 Gy durant une période de trois ans (par. 190). Nota : Dans ces deux cas, la dosimétrie est sujette à de nombreuses incertitudes, par exemple la quantité précise d'incorporation durant une si longue période et aussi la quantité exacte d'excrétion du corps.
>
> L'importante contamination interne par le $^{137}Cs$ a entrainé l'utilisation pour la première fois de bleu de Prusse dans l'histoire des accidents liés au rayonnement (par. 192).
>
> Un sommaire des traitements donnés aux personnes qui ont été contaminées accidentellement par des radionucléides déposés dans l'organisme est fourni au Tableau 2.5 du rapport NCRP n° 65 (NC80).

**REMERCIEMENTS**

Membres du Groupe de travail n° 4 des conseillers médicaux

A.M. Marko (président)
D.K. Myers (CCRP)
J.P. Goyette, secrétaire scientifique

Tous les membres du Groupe des conseillers médicaux de la CCEA

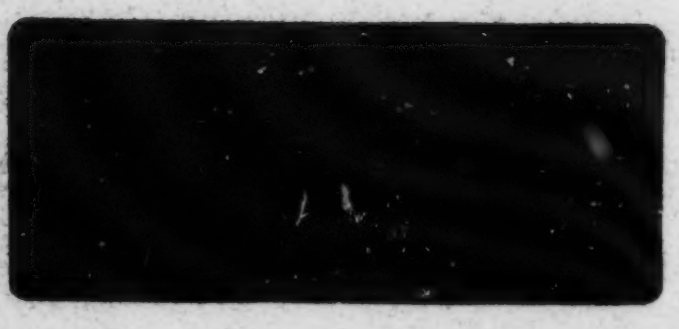
**GMA** Group of Medical Advisers

**GCM** Groupe des conseillers médicaux

[redacted]

Secretariat, Group of Medical Advisers, Atomic Energy Control Board, P.O. Box 1046, Ottawa, Canada K1P 5S9

Secrétariat, Groupe des conseillers médicaux, Commission de contrôle de l'énergie atomique, C.P. 1046, Ottawa, Canada K1P 5S9



## GMA REPORTS

Since the 1950's, the Atomic Energy Control Board (AECB) has made use of advisory committees of independent experts to assist it in its decision-making process. In 1979, the Board restructured the organization of these consultative groups, resulting in the creation of two senior-level scientific committees, the Advisory Committee on Radiological Protection (ACRP), and the Advisory Committee on Nuclear Safety (ACNS). A third body of advisers, known as the Group of Medical Advisers (GMA), is composed of medical practitioners licensed under the laws of the province in which regulated nuclear activities are situated. Medical Advisers are nominated by the appropriate department or agency and appointed by the Board pursuant to the *Atomic Energy Control Regulations*. They make recommendations to the Board respecting, inter alia, the medical examination of atomic radiation workers, medical surveillance required as a result of overexposures, and medical aspects of emergency plans.

From time to time the GMA issues reports which are normally published by the AECB and catalogued within the AECB's public document system. These reports, bound with a distinctive cover, carry both a group-designated reference number, e.g. GMA–1, and an AECB reference number in the "INFO" series. The reports generally fall into two broad categories: (i) recommendations to the AECB on a particular medical topic, and (ii) background studies. **Unless specifically stated otherwise, publication by the AECB of a report prepared by the Group of Medical Advisers does not imply endorsement by the Board of the content, nor acceptance of any recommendations made therein.**

## RAPPORTS DU GCM

Depuis les années cinquante, la Commission de contrôle de l'énergie atomique (CCEA) fait appel à des comités consultatifs composés d'experts indépendants pour l'aider dans ses prises de décisions. En 1979, la CCEA a restructuré l'organisation de ces groupes de consultation pour former deux comités scientifiques supérieurs, le Comité consultatif de la radioprotection (CCRP) et le Comité consultatif de la sûreté nucléaire (CCSN). Un troisième groupe, le Groupe des conseillers médicaux (GCM), est formé de médecins agréés pour la pratique de la médecine en vertu des lois de la province dans laquelle se tiennent des activités nucléaires réglementées. Le ministère ou l'organisme compétents proposent le nom de conseillers médicaux qui sont ensuite nommés par la CCEA en vertu du *Règlement sur le contrôle de l'énergie atomique*. Ces conseillers font des recommandations à la CCEA concernant, entre autres, l'examen médical des travailleurs sous rayonnements, la surveillance médicale nécessaire en cas de surexposition et les aspects médicaux des plans d'urgence.

Le GCM rédige à l'occasion des rapports qui sont normalement publiés par la CCEA et catalogués dans sa collection des documents publics. Ces rapports se présentent sous une couverture distincte et portent un numéro de référence propre au comité (GCM–1, par exemple), ainsi qu'un numéro de référence de la CCEA dans la série «INFO». Ils se divisent habituellement en deux catégories générales : i) les recommandations présentées à la CCEA au sujet d'une question médicale particulière; ii) les études générales. **À moins d'indication contraire, la publication par la CCEA d'un rapport du Groupe des conseillers médicaux ne signifie pas qu'elle en approuve le contenu, ni qu'elle en accepte les recommandations.**

INFO-0422

GMA Group of Medical Advisers

GCM Groupe des conseillers médicaux

GMA-2

# GUIDELINES ON RADIATION EXPOSURE LEVELS FOR EMERGENCY SITUATIONS

by the

Group of Medical Advisers to the
Atomic Energy Control Board

Published in July 1992

Secretariat, Group of Medical Advisers, Atomic Energy Control Board, P.O. Box 1046, Ottawa, Canada K1P 5S9

Secrétariat, Groupe des conseillers médicaux, Commission de contrôle de l'énergie atomique, C.P. 1046, Ottawa, Canada K1P 5S9

## Table of Contents


| | | Page |
|---|---|---|
| 1. | PURPOSE | 1 |
| 2. | SCOPE | 1 |
| 3. | INTRODUCTION | 1 |
| | 3.1 Early Effects in Man of High Doses of Radiation | 1 |
| | 3.2 Relevant Guidelines Produced by Medical Advisers | 1 |
| | 3.3 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection: Limitation of Occupational Exposures in Emergencies | 2 |
| 4. | LIMITATION OF EXPOSURES DURING EMERGENCY SITUATIONS | 2 |
| | 4.1 Principles of Radiation Protection | 2 |
| | 4.2 Categories of Exposed Persons | 2 |
| | 4.3 Limitation of Doses During Emergencies | 3 |
| REFERENCES | | 4 |
| ANNEX | | 5 |
| ACKNOWLEDGEMENTS | | 9 |

## 1. PURPOSE

The purpose of this document is to provide guidelines for establishing occupational exposure levels for undertaking actions in emergency situations resulting from a nuclear accident.

## 2. SCOPE

Guidance is given on the principles of radiation protection that may be applied in nuclear emergencies, on the categorization of persons in relation to the circumstances under which they receive exposures resulting from an accident, and on the magnitude of doses[1] which could be considered for taking urgent corrective actions and subsequent remedial actions during emergencies.

Background information on deterministic (non-stochastic) effects produced at relatively high doses is briefly summarized. These guidelines are not concerned with nuclear wars.

## 3. INTRODUCTION

### 3.1 Early Effects in Man of High Doses of Radiation

Deterministic effects of high doses of radiation are discussed fully in the 1988 UNSCEAR report (UN88). A brief summary of these effects is provided in an annex to this report. It should be noted that persons surviving high doses of radiation capable of causing deterministic effects also have a higher probability of developing stochastic effects later in life.

### 3.2 Relevant Guidelines Produced by Medical Adviser

The group of Medical Advisers have formulated "Guidelines for Medical Advisers on Return to Work after Occupational Overexposure to Ionizing Radiation" (GM92). The information in the following paragraphs taken from these guidelines is useful for establishing exposure levels for emergency situations.

"For guidance of medical advisers, it is suggested that 0.5 Sv of acute whole body irradiation be used as a level for assessing whether an atomic radiation worker should return to work after an overexposure. At or below 0.5 Sv, the atomic radiation worker could return to such work immediately, assuming that the circumstances of the overexposure have been fully investigated, the dosimetry has been confirmed and medical assessment of the worker has been completed. Above 0.5 Sv, the recommendation whether an atomic radiation worker may return to work or not should be made on a case by case basis... Factors such as age, livelihood, medical condition and other pertinent factors should be considered when making a recommendation on fitness to return to work".

"Cases of local irradiation of skin, thyroid, lens of eye, etc., will have to be assessed individually... The consideration of age, livelihood, medical condition, etc., should also apply to cases of partial body irradiation. For overexposure of the extremities above, the action level should be 5 Sv".

---

[1] A quantity denoting the amount of energy imparted to matter by ionizing radiation per unit mass. A gray (Gy) is a SI unit of absorbed dose; a sievert (Sv) is a SI unit for equivalent dose and effective dose.

In cases of overexposure resulting from internal contamination, "a committed dose of 0.5 Sv to any organ [estimated for $\beta$- and $\gamma$-emitters (e.g., radioiodine, radiocesium, radiostrontium, etc.) one month after intake; and for $\alpha$-emitters (e.g., radium, plutonium, thorium, etc.) one year following intake] should be used as an action level".

### 3.3 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection: Limitation of Occupational Exposures in Emergencies

*(Taken in part from paragraphs 224 and 225 of ICRP Publication 60 (IC91))*

Occupational exposures directly due to an accident can be limited only by the design of the plant and its protective safety features and by the provision of emergency procedures. Ideally, the aim should be to keep the doses within those permitted in normal conditions, but, while this is usually possible, it may not always be so in serious accidents.

In addition to the exposures resulting directly from the accident, there will be exposures of emergency teams associated with urgent corrective actions and with subsequent remedial actions. Even in serious accidents, these exposures can be limited by operational controls. The doses incurred are likely to be higher than in normal situations and should be treated separately from any normal doses. Emergencies involving significant exposures of emergency teams are rare, so some relaxation of the controls for normal situations can be permitted in serious accidents without lowering the long-term level of protection. During the management of the accident, this relaxation should not permit the exposures associated with urgent corrective actions to result in effective doses of more than 0.5 Sv except for life-saving actions, which can rarely be limited by dosimetric assessments. The equivalent dose to skin should not be allowed to exceed 5 Sv except for life-saving actions. Once the emergency is under control, dose received while undertaking subsequent remedial actions should be treated as part of the occupational exposure incurred in a practice.

## 4. LIMITATION OF EXPOSURES DURING EMERGENCY SITUATIONS

### 4.1 Principles of Radiation Protection

In all three categories described below, the principles of justification and optimization always apply. In the analysis of urgent corrective actions and subsequent remedial actions to be undertaken, other societal and economic factors may be just as important as limitation of dose and should be fully assessed to maximize benefits from intervention and countermeasures.

### 4.2 Categories of Exposed Persons

There are three categories of exposed persons identifiable in relation to the circumstances under which they receive exposures resulting from an accident:

(i) Emergency workers who are exposed while undertaking urgent corrective actions at the site of the accident.

(ii) Workers who are exposed while undertaking subsequent remedial actions following an accident: these workers could be involved in countermeasures and in actions to protect the public.

(iii) Persons living normally in an environment which has been contaminated as a result of a nuclear accident.

If circumstances permit, all categories of persons should be informed as to the probable size of dose which could be received and the associated health risks.

4.3 Limitation of Doses During Emergencies

For the first category of persons, the urgent corrective action may be to prevent serious injuries, to prevent a large increase in the scale of the accident that would substantially increase public and worker doses or to save a life. Although no explicit dose limit can be easily stated, every effort should be made to keep doses below which serious deterministic health effects would occur. Thus the doses should be kept below 0.5 Sv. Finally, it is recognized that the actual persons involved in category (i) are likely to be volunteers, and that for life-saving operations they may wish, for altruistic reasons, to exceed the 0.5 Sv level.

For the second category of persons, given the controlled nature of the situation, normal dose limits would apply with a maximum of 0.05 Sv in a given year as recommended in ICRP-60 (IC91). However, in some circumstances where analysis of subsequent remedial actions requires the use of a few key experts in the management of an emergency, then doses up to 0.1 Sv could be permitted.

The third category of persons is very different from the previous two categories. Persons in this category, such as farmers working on contaminated land or waste handling people faced with contaminated garbage are not involved in urgent corrective action at the accident site or in subsequent remedial operations but are exposed at their normal environment which happens to be contaminated. Neither the dose limits for atomic radiation workers nor the dose limits for the public seem appropriate. The approach to be taken in this instance is to apply the ICRP's concept of dose constraint. The dose constraint is a fraction of the workers' dose limit but which may be above the public dose limit. The dose constraint is to be applied in a community until the contamination is removed. *(See ICRP Publication 60, (IC91).)*

**REFERENCES**

Co91 Cohen, B.L., "Catalog of Risks, extended and updated". Health Physics, Vol. 61, pp. 317-335 (1991).

GM92 Group of Medical Advisers to the AECB. "Guidelines for Medical Advisers on Return to Work After Occupational Exposure to Ionizing Radiation". Atomic Energy Control Board. In press (1992).

IC91 ICRP Publication 60. "1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection" (1991).

NC80 NCRP No. 65 Report. "Management of Persons Accidentally Contaminated with Radionuclides". National Council on Radiation Protection and Measurements (1980).

UN82 UNSCEAR 1982 Report. "Ionizing Radiation: Sources and Biological Effects". United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. United Nations, New York (1982).

UN88 UNSCEAR 1988 Report. "Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation". United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, United Nations, New York (1988).

# A N N E X

## Early Effects of High Radiation Doses

Annex G in the 1988 UNSCEAR report provides a detailed recent review of "Early Effects in Man of High Doses of Radiation". This annex has been examined for information relevant to proposed guidelines on radiation exposure levels for emergency situations. Excerpts from this annex are cited below.

Lethal whole body doses: A dose of 2 Gy would be unlikely to kill more than about 1% of a worker population. By contrast, a dose of 2 Gy could kill up to 30-40% of a population of very ill cancer patients (para. 114). The $LD_{50}$ (i.e. the dose causing 50% mortality in exposed persons within 1 to 2 months) for acute irradiation is likely to be around 3.0 Gy (bone) marrow dose in the case of humans receiving little or no medical treatment, as deduced from recent analyses of the results of the atomic bombings in Japan (para. 112). (Para. 310 uses a value of 2.5 Gy marrow dose "or higher" for the same situation.) A similar value (i.e. 2.5-3 Gy) pertains to some groups of ill cancer patients receiving good medical care. The $LD_{50}$ for healthy humans receiving good supportive medical treatment after irradiation is likely to approach or equal 5.0 Gy. (Note: Good supportive medical treatment in this context means hospitalization; antibiotics, if necessary; blood transfusions, if necessary; but excludes heroic treatment such as bone marrow transplants.)

Other relevant excerpts: The shielding of perhaps as little as 10% of active marrow in man may reduce the mortality to zero after doses near the $LD_{50}$ (para. 309). Neutrons are more efficient in causing acute injury than an equal dose of low-LET radiation, by a factor of 2-3, using single doses (para. 311).

The 1989 report by Morrey from the NRPB indicates in section 6.1 that "it is neither possible, nor appropriate, to specify limiting values of dose (to workers) for use during the accident. However, it is suggested that substantial efforts should be made to keep doses to levels lower than those at which non-stochastic effects may occur, i.e. about 0.5 Gy to the whole body or 5 Gy to any organ or tissue. This is consistent with the recommendations in ICRP Publication 60 (IC91).

Other data given in Annex J (Non-stochastic effects of irradiation) of the 1982 UNSCEAR report (UN82) and in Annex G of the 1988 UNSCEAR report (UN88) are summarized below in Table 1. Annex K (Radiation-induced life shortening) in the 1982 report was also examined (UN82). All data in Table 1 are approximate and refer to acute doses of low-LET radiation (X-, beta and gamma rays). Although statistical probabilities in the range of 1% have not been examined as carefully as in the case of lethal doses, a threshold of 0.5 Gy for induction of <u>permanent</u> deterministic effects in adults does appear to be conservative.

TABLE 1
DETERMINISTIC EFFECTS OF RADIATION

| TYPE OF EFFECTS | THRESHOLD |
|---|---|
| Temporary | |
| Sterility in men | above 0.1 Gy; duration is dependent on dose |
| Vomiting or retching, with feeling of mild to moderate fatigue | threshold about 0.3 Gy; 50% incidence at about 2 Gy; severity increases with dose |
| Decrease in lymphocytes and other white blood cells | 0.5-1 Gy for measurable effects; threshold is small and may be zero; severe effects above 2 Gy |
| Erythema of eye conjunctiva | about 2 Gy |
| Reddening (erythema) of skin with changes in vascular permeability | about 3 Gy for exposure of entire skin; threshold about 6 Gy for small areas of skin |
| Hair loss | about 3-5 Gy |
| Permanent | |
| Eye cataracts | minimum stationary cataracts at 1-2 Gy; more serious progressive cataracts above 5 Gy |
| Stunting of growth in young children | about 3% stunting of growth per Gy due to disturbance in growing cartilage; threshold is small and may be zero; mature cartilage is much more resistant |
| Permanent sterility in women | above 3 Gy |
| Permanent sterility in men | above 6 Gy |
| Damage to blood vessels | above 5 Gy |
| Impairment of lung function, pneumonitis | above 5 Gy |
| Impairment of thyroid, liver and kidney function | above 10 Gy |
| Gastrointestinal death | above 10 Gy |
| Skin desquamation, with possible scarring | above 10 Gy |

With a few possible exceptions, most of the above effects are of course reduced if the same total dose of X-, beta, or gamma-rays is delivered at low dose rate over periods of weeks or months. For early lethal effects, one of the formulae suggested in UNSCEAR 1988 is an increase of 1.5 Gy plus an additional 0.1 Gy per day, i.e., for a chronic exposure to gamma rays at a constant dose rate over a 30-day period (which is most unlikely in our situation) the $LD_{50}$ would be increased by about 4.5 Gy above that due to an acute exposure. For most practical purposes, this is of little interest in emergency planning. More importantly, the effects of high-LET radiation (e.g., neutrons, and alpha particles) are reduced to a smaller extent than are those of gamma rays by protraction of the dose. The detail available for high-LET radiation in the cited appendices of the 1982 and 1988 UNSCEAR reports is rather sketchy compared to that for low-LET radiation. However, it is suggested, as a rule of thumb, the assumption that the RBE for high doses of high-LET radiation (e.g. alpha particles or fission neutrons) could be about three times that of high doses of gamma rays in a short time but, in contrast to the effect of gamma rays, would be almost independent of dose rate. In other words, we might assume that local damage to tissue from high doses of alpha particles will be three times that due to high doses of gamma at high dose rate but will be the same whether the dose from alphas is accumulated over several hours or several weeks. "The increase in risk of fatal cancer after acute exposure to 1 Gy would be equivalent to an average loss of life expectancy of 0.6 - 1.3 years for this group of workers, assuming 13 years loss per fatal cancer (IC91). This value can be compared to an average loss of life expectancy of 0.6 - 0.9 years due to fatal occupational accidents during 47 years of employment in the agricultural or construction industries in the U.S., to about 1.4 years for unemployment, to about 8 years for differences in socioeconomic status within Canada, the U.S. or the U.K., and to about 9 years for being 45% overweight (Co91)".

Concern of acute radiation exposure of workers should be directed primarily with early effects of whole body exposure to high doses of gamma radiation at high dose rate, effects of deposited beta emitters on the skin, effects of inhaled radionuclides on the lungs, and effects of ingested radionuclides on the gastro-intestinal tract. With respect to the first criterion, in an emergency situation, a dose of 1 Gy from gamma rays (or from gamma rays with a small contribution from fission neutrons) in a short time will not cause death in healthy workers in the next few weeks, may well cause some temporary physiological disturbances, and would probably increase the normal 25% risk of fatal cancer to about 30-35%, i.e. 1 Gy at high dose rate will provide an additional risk of 5-10% of dying from a fatal cancer some 15 to 30 years after the exposure. (The latter estimate is based on the 1988 UNSCEAR and 1990 BEIR reports and is consistent with ICRP Publication 60 (IC91).)

The following addendum on internal emitters is taken from Annex G of the 1988 UNSCEAR report (UN88):

> Large amounts of internal emitters are required to produce early effects in man (para. 180).
>
> Haematological injury has been reported in man after the therapeutic use of colloidal gold, radioiodine, radiophosphorous and radiosulfur (para. 181).

Two individuals died, after working with large amounts of tritium; they had received doses which were estimated to have been in total about 3 Gy over six years and about 10 Gy over three years (para. 190). Note: The dosimetry in these two cases is subject to many uncertainties, for example, the precise amount of intake over such a long time and also the exact amount of excretion from the body.

Extensive internal contamination with $^{137}Cs$ internal contamination prompted the use of Prussian blue for the first time in radiation accident history (para. 192).

A summary of treatment of persons accidentally contaminated with internally deposited radionuclides is given in Table 2.5 of NCRP Report No. 65 (NC80).

**ACKNOWLEDGEMENTS**

**Members of Medical Advisers' Working Group-4**

A.M. Marko (Chairman)
D.K. Myers (ACRP)
J.P. Goyette (Scientific Secretary)

All the members of the Group of Medical Advisers to the AECB